



**Magnos André Belarmino**

## **OPERACIONALIZAÇÃO DE UM DESTILADOR MÚLTIPLO**

**Horizontina**

**2014**

**Magnos André Belarmino**

**OPERACIONALIZAÇÃO DE UM DESTILADOR MÚLTIPLO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Anderson Dal Molin, Mestre.

**Horizontina**

**2014**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Operacionalização de um destilador múltiplo”**

**Elaborada por:**

**Magnos André Belarmino**

como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 11/11/2014  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Prof. Me. Anderson Dal Molin  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Prof. Dr. Richard Thomas Lermen  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Prof. Me. Valtair de Jesus Alves  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina  
2014**

## **DEDICATÓRIA**

Especialmente a minha esposa que foi minha grande motivadora, aos meus pais e irmãos que foram meu alicerce não somente durante este período, mas em toda minha vida.

Aos familiares e amigos que tiveram compreensão e paciência, pela ausência em muitos momentos importantes.

E aos professores que não se limitaram apenas em dar aula, mas sim em ser verdadeiros mestres.

## **AGRADECIMENTOS**

Meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram e apoiaram na busca deste objetivo, tornando assim possível a realização deste trabalho. Em especial aos mestres Carlos Varela e Roberto Machado que tiveram grande contribuição bem como ao orientador Anderson Dal Molin.

“Se queres colher em um ano, deves plantar cereais; se queres colher em uma década, deves plantar árvores; mas se queres colher a vida inteira deve educar e capacitar o ser humano.”

(KAWANTSU – Filósofo chinês)

## RESUMO

Este trabalho apresenta um breve histórico da utilização do álcool combustível e algumas das matérias-primas utilizadas para sua produção, também é descrito um pequeno resumo das etapas de produção deste combustível obtido através da cana-de-açúcar. O foco principal está voltado para o processo de destilação, através da caracterização de um destilador e o fluxo de funcionamento do mesmo. O objetivo deste trabalho é operacionalizar um destilador existente na FAHOR, deixando um manual básico de funcionamento. Para isso foi realizado um estudo bibliográfico sobre a produção de álcool combustível; pesquisadas características e funcionamento dos destiladores, o que serviu como embasamento teórico para alguns experimentos práticos com o destilador que após passar por ajustes ficou em condições de uso e concomitantemente foi elaborado um manual de operação para futuras pesquisas. Durante a realização dos testes práticos, que foram feitos utilizando mosto de cana-de-açúcar foram obtidos como produto final cachaça e álcool, desta forma foi comprovado a possibilidade de obter estes produtos a partir da utilização deste destilador

**Palavras-chave:** Álcool combustível, Destilador, Manual de operação.

## **ABSTRACT**

This final paper shows a short historic from fuel alcohol and some of raw material used for production, it also describes a briefly the fuel alcohol production steps obtained from sugar cane. The main focus is related to distillation process, through distillation equipment characterization and the operation flow. The goal of this final paper is the operation of distillation equipment existent at FAHOR and creates a basic manual of operation. For this was done a bibliographic review about fuel alcohol production and researched distillation equipment characteristics and operation, this was the basic theory to execute distillation equipment test, that after some adjustments it was in use conditions and simultaneously it was created the basic operation manual to future research. During the tests execution of was used sugar cane juice fermented and were obtained as final product cachaça and alcohol, so it was proved there is possibility to obtain these products from this distillation equipment.

**Keywords:** Fuel alcohol, Distillation Equipment, Basic Manual.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Produção de Etanol.....	16
Figura 2 – Fluxograma do processo de produção do etanol direto da cana-de-açúcar .....	21
Figura 3 – Destilador fracionado da Fahor.....	24
Figura 4 - Etapas seguidas na realização do estudo.....	26
Figura 5 - Junção das colunas de destilação. ....	27
Figura 6 – Folga existente na janela de inspeção .....	28
Figura 7 – Materiais adquiridos na Fahor.....	29
Figura 8 – Instalação hidráulica .....	30
Figura 9 – Conexão das mangueiras flexíveis.....	31
Figura 10 – Vazamentos nas janelas de inspeção .....	33
Figura 11 – Produto final escoando na bica .....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>14</b>
2.1	HISTÓRIA DA UTILIZAÇÃO DO ALCOOL COMBUSTÍVEL E SUA IMPORTÂNCIA	14
2.2	PRINCIPAIS MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL	15
2.2.1	CANA-DE-AÇÚCAR	17
2.2.2	MILHO	18
2.2.3	BETERRABA E O TRIGO	19
2.2.4	MANDIOCA	20
2.3	PROCESSOS DE PRODUÇÃO DO ETANOL OU CACHAÇA A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR	21
2.4	CARACTERIZAÇÃO DO DESTILADOR	23
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>26</b>
3.1	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1.1	INSPEÇÃO E AJUSTES DO DESTILADOR	27
3.1.2	AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS	28
3.1.3	INSTALAÇÕES	29
3.1.4	PRÉ-TESTES	30
3.1.5	TESTES PRÁTICOS	32
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>35</b>
4.1	RESULTADOS OBTIDOS NOS TESTES PRÁTICOS	35
4.2	DIFICULDADES ENCONTRADAS	36
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>39</b>
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
	ANEXO A – MANUAL DE OPERAÇÃO	42

# 1 INTRODUÇÃO

A busca constante por fontes de energia é uma realidade para o desenvolvimento e sobrevivência do ser humano e cada vez mais, se faz necessário pensar e desenvolver fontes renováveis de energia, que tenham baixo impacto ambiental, e como tal o álcool combustível aparece como uma boa alternativa para auxiliar neste déficit energético.

A Faculdade Horizontina possui um destilador o qual não era utilizado por falta de condições em seu funcionamento. A operacionalização deste equipamento seria uma oportunidade de incentivar acadêmicos e instituição a contribuir com esta tendência?

Diante deste contexto o presente trabalho realizou a análise e ajuste do equipamento deixando-o em condições de operação, servindo de base e incentivo para futuras pesquisas. Para isso foi desenvolvido um manual básico com as etapas da produção do álcool e um fluxo de operação do destilador que servirá como fonte de consulta possibilitando a outros acadêmicos colocar em funcionamento o equipamento com maior facilidade.

Para isso foram realizadas pesquisas bibliográficas, adquirindo dados sobre a produção de álcool. Após ter um bom embasamento teórico foram realizados experimentos práticos para aquisição de dados e elaboração do manual de operação.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Diante da crescente necessidade por fontes de energia e da disponibilidade de um equipamento de destilação, a FAHOR tem a oportunidade de inserir-se como uma instituição que contribui na pesquisa e desenvolvimento de fontes renováveis de energia, bem como seus acadêmicos poderão adquirir maior conhecimento na área de fontes alternativas e renováveis de energia.

Neste contexto este trabalho propõe elaborar um manual prático de maneira que este equipamento possa ser utilizado pela instituição, como instrumento de trabalho durante a formação dos seus acadêmicos, bem como na contribuição para a comunidade no desenvolvimento de fontes renováveis de energia.

A escolha deste trabalho ocorreu pelo fato do acadêmico acreditar que com incentivos, a FAVOR poderá se tornar uma importante referência nesta área de conhecimento e contribuir com a região para a produção de sua própria energia, talvez através de pequenas cooperativas que produzam seu próprio combustível e assim contribuam para a redução do déficit energético, ao qual o mundo se depara.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral – elaborar o manual de operação do destilador contido na FAHOR. Desta forma este poderá servir para futuros trabalhos e como instrumento para a produção de álcool através da utilização do destilador.

Para concretizar os resultados almejados no objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram delineados.

- Analisar e ajustar o destilador deixando-o em condições de ser operacionalizado.
- Descrever as etapas da produção de álcool tendo como matéria-prima a cana de açúcar.
- Realizar experimentos práticos utilizando o destilador

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura proporciona embasamento teórico, apresentando um breve histórico sobre o álcool combustível e ressaltando a importância do mesmo como fonte de energia renovável, assim como algumas de suas matérias-primas, o processo de fabricação e o fluxo de funcionamento de um destilador.

### 2.1 HISTÓRIA DA UTILIZAÇÃO DO ALCOOL COMBUSTÍVEL E SUA IMPORTÂNCIA

A busca por fontes renováveis de energia que pudessem substituir a gasolina ocorreu com a crise do petróleo em 1970 provocada pelo embargo aos países membros da OPEP (Organização dos países exportadores de petróleo) e também de que o petróleo é esgotável e sua utilização e exploração se tornariam cada vez mais onerosa e menos atrativa financeiramente. Diante deste contexto vários países iniciaram pesquisas em busca de fontes renováveis que pudessem suprir esta necessidade.

Segundo Penido Filho (1980), as primeiras experiências com o uso do álcool como combustível são tão antigas como o próprio automóvel. Tem-se notícia que, em 1894, a Alemanha já realizava pesquisas de laboratório, no sentido de empregar o álcool nos motores.

Conforme Menezes (1980), o desenvolvimento do automóvel teve maior rapidez no momento em que houve disponibilidade de combustível, até então sua evolução era lenta sendo atribuída a ausência de uma fonte de energia.

No Brasil a utilização do álcool como combustível ocorreu mais tarde, de acordo com Penido Filho (1980), os primeiros registros de álcool sendo utilizado como combustível é de 1919, quando o governador do estado do Pernambuco decretou que todos os veículos oficiais fossem abastecidos com álcool, entretanto, já fazia algum tempo que caminhões e automóveis das usinas vinham sendo abastecidos com o combustível, chegando-se inclusive a construir postos de abastecimento fora das usinas, para venda ao público.

Em 1923, foram realizadas corridas com automóveis que utilizavam como combustível o álcool puro, porém a partir do ano de 1943 a produção do álcool

combustível começou a cair profundamente, tendo-se reduzindo, em apenas dois anos a produção em 40% (Penido Filho, 1980).

Até o ano de 1973 o álcool como combustível no Brasil foi mantido em esquecimento. Mas Outubro de 1975, devido aos excessivos aumentos do petróleo nos anos de 1973 e 1974 foi anunciado o programa PROÁLCOOL que impulsionou o desenvolvimento do setor.

Entre 1977 e 1979, houve uma expansão da produção de álcool de cana-de-açúcar, que foi o vegetal escolhido para produzir o combustível no Brasil. Os fatores que determinaram essa escolha foram a grande extensão territorial do país, o clima propício para a cultura da cana e o domínio da tecnologia de fabricação do álcool (PROÁLCOOL, 1999).

O Brasil tem se destacado na produção de etanol, devido à detenção de tecnologias e políticas, cujas hoje podem ser consideradas as mais avançadas do mundo, também em decorrência da pioneira utilização do etanol obtido a partir da cana-de-açúcar como combustível. A estimativa é que a produção de etanol anidro aumente gradativamente o que significará um acréscimo de 15,35% na produção, e o etanol hidratado um acréscimo de 4,45%, quando comparado com a produção de etanol de safras anteriores (Carvalho et al. 2013).

A produção de etanol carburante apresenta inúmeras vantagens: ganhos ambientais, pois pode substituir os poluentes antidetonantes e a gasolina nos veículos automotores; ganhos sociais, por meio da geração de empregos descentralizados no Brasil e em outros países (no caso do Brasil, a produção canavieira ocorre na maioria dos estados); redução da dependência externa de combustível fóssil; permanência do homem no campo, reduzindo o êxodo rural (CHIEPPE JÚNIOR, 2012, p.19).

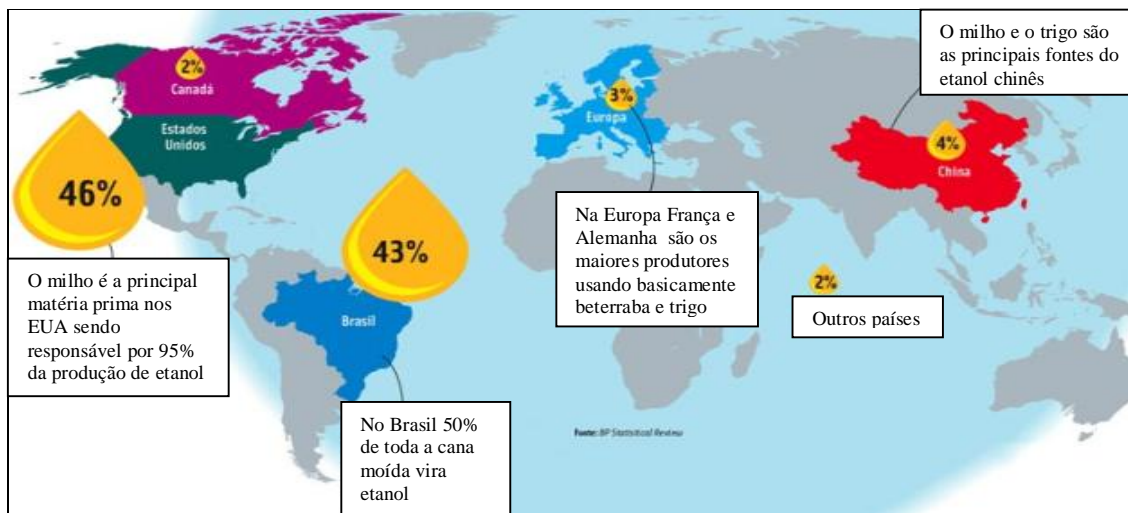
Também é destacável que a demanda pelo álcool ou etanol está intrinsecamente relacionada ao consumo de combustível, ao longo do século XX a demanda passou por diversas variações.

## 2.2 PRINCIPAIS MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL

O etanol ou álcool combustível como também pode ser chamado é obtido através do processo de fermentação de diversas matérias-primas e cada região ou país, opta por aquela que apresenta as melhores condições de produção. A figura 1

demonstra os principais países produtores de etanol com as respectivas matérias-primas, assim como no decorrer deste subcapítulo são apresentadas mais informações sobre as principais matérias-primas utilizadas para a produção de etanol.

Figura 1 – Mapa de Produção de Etanol



**Fonte:** Esquadrão do Conhecimento, adaptado Belarmino 2014.

Ao analisar o mapa é possível verificar que a principal matéria-prima utilizada para produção do álcool combustível mundialmente é o milho. A cana-de-açúcar é a segunda matéria-prima mais utilizada, os dois produtos juntos, são responsáveis por aproximadamente 89% de todo o álcool combustível produzido no mundo.

A grande contribuição destas matérias-primas se dá pelo fato dos dois maiores produtores do mundo (EUA e Brasil) terem adotado estes produtos como a base para a produção do álcool combustível.

Na Europa os produtos mais utilizados como matérias-primas na produção do álcool são a beterraba e o trigo, os dois principais produtores da Europa são a Alemanha e a França. Já a China utiliza como matéria-prima para a produção do álcool combustível o milho e o trigo.

De acordo com (Arias et al. 1999) o álcool pode ser obtido de vários tipos de vegetais que são ricos em açúcares por meio de um processo fermentativo. O milho e a cana-de-açúcar são os mais utilizados, entretanto muitos outros podem ser

utilizados, como exemplos, a mandioca, frutas, arroz, celulose extraída de vegetais, entre outros.

Analisando as possibilidades de matérias-primas para a produção de álcool é possível perceber que são muitas as opções e cada produtor irá optar pela que oferecer melhores condições em termos de oferta e rentabilidade considerando as condições climáticas do local onde será produzido.

Segundo Meneguetti et al, (2010) apud o Conselho de Informações sobre Biotecnologia o álcool etílico, ou etanol, pode ser obtido através da destilação de açúcar, amido e celulose. O álcool é uma mistura binária etanol-água, que pode ser destinada diretamente ao abastecimento de veículos ou, ainda, sofrer desidratação e originar o álcool anidro, que é utilizado como aditivo da gasolina.

### **2.2.1 Cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar predomina no Brasil como a matéria-prima mais importante para a produção de etanol. De acordo com Pêgas e Manolescu (2004) o Brasil se tornou nos últimos três anos o maior exportador e produtor mundial de cana-de-açúcar. Com toda produção e com todo o potencial existente no país, o setor se torna altamente rentável, pois a produção brasileira é a de menor custo mundial. Aspecto também importante é que a cana pode ser cultivada em todo território nacional, embora seja no Estado de São Paulo que a produção segue sua liderança.

De acordo com Meneguetti et al. (2010) no Brasil o principal motivo de se produzir etanol de cana-de-açúcar em vez do etanol de milho é devido a produção do etanol de cana ser aproximadamente três vezes maior por área do que o etanol do milho, isto aliado ao custo de produção que para o etanol de cana é de aproximadamente U\$ 0,28/L enquanto o álcool de milho é de aproximadamente U\$ 0,45/L torna viável a produção a partir da cana.

Meneguetti et al (2010) descrevem que devido a essas vantagens existem os benefícios ambientais, pois quando se utiliza o etanol, como substituto de outros combustíveis fósseis, a redução de gases do efeito estufa na produção e combustão é de 66% enquanto para o etanol de milho, esta redução é de apenas 12%, além do fato de que cada hectare de cana diminui em 12 toneladas o volume de CO<sup>2</sup> na atmosfera e que o bagaço da cana pode ser utilizado na geração de energia elétrica. Citam como desvantagem a necessidade de grandes extensões de terras para o



plântio de matérias-primas, que podem contribuir para o aumento da fome no mundo, uma vez que estas áreas poderiam ser destinadas à produção de alimento para as pessoas.

Weingrill N. (2007) evidencia importantes aspectos sobre a cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de álcool combustível.

Custo: estimado para os produtores brasileiros é de R\$ 0,90 o litro. A vantagem da cana é que a molécula de açúcar (sacarose), que tem o álcool como subproduto, é facilmente quebrada pelas enzimas, pulando uma etapa na fabricação do etanol.

Rendimento: uma tonelada rende 89,5 litros de etanol.

Safras e estocagem: pode ser colhida o ano todo sem precisar ser replantada durante 5 anos, mas quando cortada, tem que ser moída em menos de 36 horas.

Fermentação: leva de 7 a 11 horas, pois as moléculas de açúcar são menores e mais fáceis de serem quebradas, o que resulta em um tempo menor de fermentação.

Produtividade: é uma grande vantagem, pois a planta ocupa menos espaço plantado, um hectare rende 90 toneladas de cana e produz entre 7 mil e 8 mil litros de etanol.

### **2.2.2 Milho**

O milho é um dos alimentos mais nutritivos que existe. Puro ou como ingrediente de outros produtos, é uma importante fonte energética para o homem. Entretanto maior que as qualidades nutricionais do milho, sua versatilidade para o aproveitamento na alimentação humana ou como matéria-prima para diversas finalidades o torna um dos cereais de maior volume de produção no mundo.

“Os Estados Unidos são os maiores produtores de milho, detendo 47% da produção mundial” Menezes (1980). Mais de trinta anos depois os Estados Unidos continuam sendo o maior produtor de milho detendo em torno de 35% da produção mundial. E 30% da produção de milho dos EUA é destinada para a produção de Etanol.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho. O cultivo do grão destina-se ao consumo humano e principalmente as indústrias de rações para animais.

Bortolussi (2014) nos últimos anos o milho está surgindo como forte opção para produção de etanol no Brasil, pois oferece características e particularidades que vão ajudar a atender às demandas do mercado no período de entressafra da cana-de-açúcar.

Weingrill N. (2007) evidencia importantes aspectos sobre o milho como matéria-prima para a produção de álcool combustível.

Custo: o litro do etanol custa, para os produtores americanos, cerca de R\$ 1,10. Essa é a estimativa dos gastos que vão da produção ao transporte do milho. Entre eles, o preço salgado das enzimas amilase e glucoamilase, que quebram as moléculas de amido (um polissacarídeo) do milho para obter o álcool.

Rendimento: apesar de ser mais difícil transformar em açúcar as moléculas de amido, o milho produz mais sacarose – e álcool. Uma tonelada rende 407 litros de etanol.

Safras e estocagem: precisa ser colhido 4 meses após o plantio, caso contrário, ele estraga. Mas pode ficar estocado durante o ano inteiro.

Fermentação: o processo leva entre 40 a 70 horas. A demora é culpa da molécula gigante de amido que tem que ser quebrada pelas enzimas para produzir o álcool.

### **2.2.3 Beterraba e o Trigo**

A produção de beterraba e trigo com finalidade de produção de etanol predomina na Europa.

Conforme Alves R. (2010) o trigo é um alimento milenar, largamente utilizado na alimentação ocidental há milhares de anos, mas ainda se está descobrindo novas utilidades para ele. A grande vantagem da produção de Etanol a partir da palha de trigo é que não é necessário haver combustíveis fósseis no processo. A celulose do trigo, encontrada na molécula interna chamada Lignina, é o local de onde se extrai o etanol.

Globo Rural (2011) quanto à beterraba açucareira, é cultivada na Europa e também é conhecida como beterraba branca. Ela tem folhas compridas e uma raiz bem grande. É uma planta de crescimento rápido e bem adaptada ao clima temperado europeu, a raiz fica bem enterrada no solo sendo difícil arrancá-la.

De acordo com a Globo Rural (2007) o trigo é a matéria-prima de 35% do etanol francês e esta participação deverá aumentar para 50% em três anos. Em contrapartida, a fatia da beterraba, que hoje é a matéria-prima de 70% do combustível do país, cairá para 35%. O milho responderá pelos 15% restantes.

Nicolas Riolland apud Globo Rural (2007) afirma que produzir etanol a partir de cereais é mais barato, devido pesar o processo industrial e não só o custo da matéria-prima. Informa também que uma tonelada de trigo permite a produção de cerca de 350 litros de etanol, enquanto uma tonelada de milho resulta em 370 litros e igual quantidade de beterraba faz 100 litros. Sendo assim, os franceses constataram que produzir etanol com beterraba deixa de ser viável economicamente se não houver, no mesmo processo, produção de açúcar.

De acordo com Stefano F. (2009) as empresas Cosan, Dedini e Syngenta estão envolvidas num projeto inusitado: a produção de açúcar e etanol de beterraba. Comum na Europa, o cultivo da beterraba açucareira não existe no Brasil (a hortaliça que se planta no país é menor e tem teor mais baixo de sacarose). O projeto nasceu a partir da constatação de que as usinas brasileiras operam apenas durante dois terços do ano. Nos quatro meses restantes, quando ocorre a entressafra da cana, a usina fica parada. Então a ideia das três empresas de desenvolver uma cultura capaz de produzir açúcar e álcool justamente no intervalo da cana.

Em relação ao trigo não informações sobre pesquisas e investimentos para produção de álcool a partir desta cultura no Brasil.

#### **2.2.4 Mandioca**

O álcool de mandioca já foi produzido no Brasil no período de 1932 a 1945, quando a disponibilidade energética da época da guerra era bastante limitada. Uma vez cessada a guerra e com a normalização do abastecimento do petróleo, se abandonou a ideia de utilizar álcool como combustível (Menezes, 1980).

Veiga (2012) a produção de etanol a partir da mandioca, ou seja, usando-a como matéria-prima já foi objeto de estudos nas décadas de 1970 e 80, mas esta opção acabou descartada pelos pesquisadores por conta da baixa produtividade da raiz no campo que era de aproximadamente 12 toneladas por hectare ao ano. Hoje,

entretanto, é possível alcançar uma produtividade de pelo menos 30 toneladas, justificando uma nova avaliação da ideia.

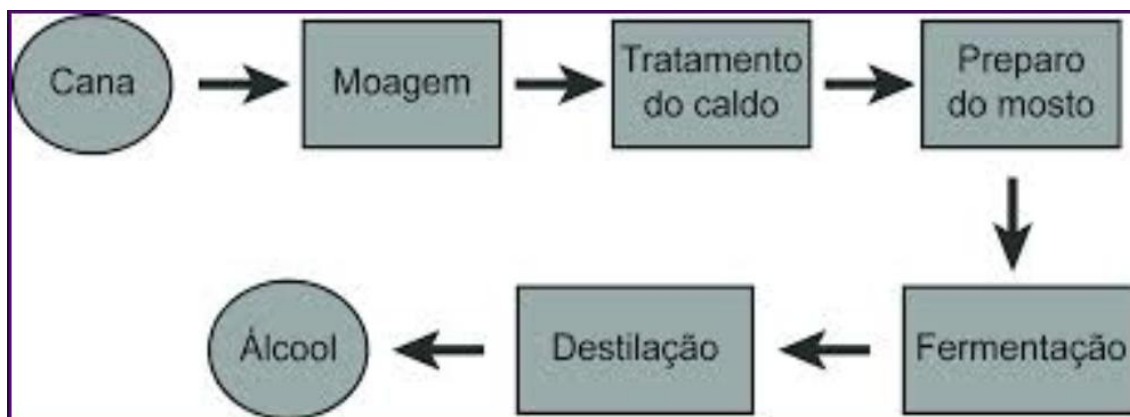
De acordo com Veiga (2012) a cana é a menina dos olhos da cultura energética sendo difícil a possibilidade de entrada de outra cultura onde ela já está estabelecida. Mas em regiões áridas e semiáridas, que apresentam deficiência hídrica e de outros parâmetros climáticos, a mandioca poderia ser utilizada para geração de etanol.

Segundo o IBGE (2013), os maiores produtores brasileiros são os estados do Pará, Paraná e Bahia, sendo que em termos regionais, o Nordeste fica em primeiro lugar com mais de 8 milhões de toneladas/ano.

### 2.3 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DO ETANOL OU CACHAÇA A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR

O etanol ou álcool combustível proveniente da cana-de-açúcar é obtido através da fermentação alcoólica da sacarose, o processo básico de produção do etanol a partir da cana-de-açúcar pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Fluxograma do processo de produção do etanol direto da cana-de-açúcar



Fonte: SEaD/UFSCar, 2011

O fluxo de produção apresentado considera os principais processos para a produção do álcool. Praticamente todos os autores seguem o mesmo conceito, as diferenças se resumem a preparação do melaço, antes da fermentação e a forma como são gerenciados os resíduos do processo.

De acordo com Mafra, M. A. Analu, Pinheiro, Juliana, Brys, Miguel. (2009) cada uma das etapas do processo de fabricação é caracterizada da seguinte forma:

- As indústrias fazem o recebimento da cana e neste momento realizam inspeções visuais onde são verificados se a cana foi colhida recentemente, pois é indicado que seja processada em até 24 horas após o corte. Após este período começa a proliferação de microrganismos que prejudicarão a fermentação e consequentemente a produção de álcool;
- O processo de moagem é caracterizado pela prensagem dos colmos, separando o caldo ou garapa do bagaço, parte sólida é rica em celulose. Este processo deve ocorrer em até 36 horas após o corte para haver melhores condições de fermentação;
- O caldo também conhecido como garapa é filtrado, assim é possível retirar impurezas grosseiras, tais como pequenos pedaços de bagaço que podem prejudicar as etapas seguintes do processo, provocando fermentações secundárias e também obstruir tubulações, válvulas e bombas.

Para Chieppe Júnior (2012) a moagem produz um caldo (garapa) e bagaço (parte sólida), rica em celulose. A mistura garapa-resíduo é filtrada. Feita a separação, o bagaço pode ser utilizado para cogeração de energia. Como matéria-prima para a produção de celulose, chapa de aglomerado e ração animal.

A garapa pode seguir dois processos diferentes: pode ser aquecida para eliminar a água, formando um líquido viscoso rico em açúcar, o melaço, do qual se pode obter tanto o açúcar como o álcool, sendo que para obter o álcool é necessário acrescentar água e ácido ao melaço para que este fermente e atinja o estágio desejado de fermentação. Ou pode seguir para o processo de preparação do mosto.

Neste caso quando se refere ao mosto, trata-se do líquido extraído da cana-de-açúcar que foi preparado para apresentar os melhores resultados na etapa da fermentação.

No preparo do mosto são realizadas algumas correções necessárias para que se obtenham bons resultados na fermentação. Para isso é necessário que haja a menor contaminação inicial por microrganismos e adequada concentração de açúcares fermentáveis.

Para Menezes (1980) na etapa de preparação do mosto, muitas vezes ocorre à correção, para propiciar condições ótimas à atividade das leveduras o que

compreende o ajuste da concentração de açúcares, temperatura, reação do meio, nutrientes e sanidade do mosto.

A fermentação é o processo biológico de degradação de açúcares para a produção de energia para a sobrevivência dos seres vivos. Sendo assim, a fermentação é uma forma de reação catabólica do organismo. A fermentação alcoólica é um dos vários tipos de fermentação, e é assim chamada por produzir álcool (etanol) como purga da sequência da reação catabólica do organismo.

A destilação é o processo de vaporizar um líquido para depois fazer com que condense para recolhê-lo em outro recipiente. Neste processo que ocorre a definição do produto final que será obtido, etanol ou cachaça. Normalmente a produção de cachaça é mais simples, sendo necessários apenas uma coluna de destilação e o condensador. Já o álcool precisar mais etapas que são colunas adicionais no processo, nas quais são criadas zonas de vapor que permitem a obtenção de um produto ainda mais concentrado.

A destilação pode ser caracterizada como uma destilação fracionada, pois o mosto é composto por diferentes líquidos com pontos de ebulição distintos.

O resultado da destilação pode ser o etanol hidratado que é obtido em teor alcoólico entre 92,6% e 96% ou o etanol anidro em teor alcoólico igual ou superior a 99,3%. E ambos devem ser armazenados em tanques adequados, tendo em vista que este é um produto altamente volátil e inflamável. Portanto é de extrema importância seu correto condicionamento para evitar acidentes.

Após a destilação a cachaça deve ser armazenada em barris de inox quando se deseja um produto incolor o em barris de madeira quando o produto que se busca é envelhecido.

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO DO DESTILADOR

Destilação para Chieppe Júnior (2012) é a exsudação, gotejamento, a que se destina à separação de substâncias sólidas ou líquidas de diferentes pontos de ebulição; a que se destina a separar os diversos componentes de misturas líquidas.

Para Mayer (2010) o equipamento de destilação (destilador, torre de destilação ou coluna de destilação) permite que se realize um processo de vaporização parcial de uma mistura líquida em um simples ou em múltiplos estágios, de maneira a se permitir que o vapor atinja um estado de equilíbrio com o líquido

remanescente, e assim as fases líquida e vapor seguem caminhos opostos (contracorrente).

De acordo com Crispim, E. Jack, Contessi, Z. Arnaldo, Vieira, A. Simião. (2007) a destilação possui uma longa história, sendo que os primeiros registros remontam a 3.500 anos a.C. No atual Iraque, foram encontrados em escavações, vasos de barro, que representam alambiques ancestrais.

De acordo com Mafra, M. A. Analu, Pinheiro, Juliana, Brys, Miguel. (2009) os destiladores podem ser separados em destiladores simples ou fracionados. Os destiladores simples são de fácil operação e permitem a separação de um líquido de uma substância não volátil (tais como os sólidos). Os destiladores fracionados possuem uma coluna de fracionamento. O objetivo desta coluna é criar várias regiões de equilíbrio líquido-vapor, enriquecendo a fração do componente mais volátil da mistura na fase de vapor. No caso em análise (produção de álcool) o componente mais volátil é o álcool etílico. Lembrando sempre, que o álcool sem água (anidro) não pode ser obtido somente por destilação, são necessários outros processos para que haja a separação desta mistura.

Na Figura 3 é possível observar um modelo de destilador fracionado, analisando a figura é possível observar que o mesmo possui quatro seções que irão criar zonas de equilíbrio líquido-vapor, o que pode permitir a este modelo entregar álcool em até 96%.

Figura 3 – Destilador fracionado da Fahor



Este destilador demonstrado na Figura 3 pode ser caracterizado como fracionado. Este equipamento é possui um sistema de válvulas globo que permitem o isolamento das duas colunas centrais, tornando assim o equipamento múltiplo sendo possível utiliza-lo na função cachaça ou na função álcool.

Mayer (2010) descreve sobre a classificação simplificada para as diferentes configurações dos sistemas de destilação, esta classificação esta relacionada ao regime operacional, desta forma os sistemas de destilação dividem-se em batelada ou contínuo.

Mayer (2010) apud Cheremisinoff relata que é possível diferenciar o processo quanto a quatro características operacionais: natureza da alimentação que será processada, número de correntes de alimentação existentes, alimentação extra e tipo de interno de torre.

Mayer (2010) apud Cheremisinoff descreve que a torre de pratos caracteriza-se por utilizar pratos que podem ser de várias formas para segurar o líquido de forma a promover um melhor contato entre o vapor e o líquido, originando uma melhor separação.



### 3 METODOLOGIA

O objetivo desse capítulo é especificar a metodologia utilizada no desenvolvimento da operacionalização do destilador e na coleta dos dados para a elaboração do manual de operação, bem como apresentar os métodos e procedimentos utilizados no desenvolvimento do trabalho.

A pesquisa teve início com a busca de dados e informações relacionadas com o tema que esta sendo abordado no projeto, através de pesquisa bibliográfica e entrevistas não estruturadas com pessoas que tem grande conhecimento na área estudada.

O presente trabalho pode ser definido como descritivo (considerando que se propõem a descrever passo-a-passo a operacionalização do destilador em estudo), de maneira que busca referir-se de forma sistemática a uma área de interesse, ou fenômeno ( LAKATOS; MARCONI, 2001).

Para finalizar, foram realizados ajustes, instalações necessárias para a operacionalização do equipamento e testes práticos para obter mais dados para a elaboração do manual de operação.

#### 3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Na sequência são apresentadas as etapas seguidas na execução da operacionalização do equipamento, bem como os materiais, componentes, produtos e processos utilizados. A Figura 4 demonstra de forma macro as etapas que foram seguidas na realização do estudo.

Figura 4 - Etapas seguidas na realização do estudo.



### 3.1.1 Inspeção e ajustes do destilador

Como o destilador estava sem ser operacionalizado há alguns anos, foi necessário limpar e inspecionar, isto possibilitou obter informações sobre as reais condições em que se encontrava o equipamento. Durante este processo foram realizados apertos em vários pontos, verificação das condições de alguns componentes como os anéis de vedação do tipo “O`rings” existentes nas junções das tubulações e também foi realizado um levantamento dos materiais que seriam necessários para realizar a operacionalização do destilador. Os materiais que foram identificados são os seguintes: tubulações; válvulas; conexões; fita veda rosca; cola para canos; reservatório para água; abraçadeiras; mangueiras flexíveis; fios elétricos; plugues elétricos e fita isolante.

A limpeza realizada foi apenas externa, retirando o pó acumulado sobre o destilador, os apertos foram realizados principalmente nas junções entre os tubos de chapa inox que compõe as colunas de destilação e o condensador, conforme apresentado na Figura 5. Nestes pontos haviam parafusos soltos que ocasionariam vazamentos durante a operação do equipamento.

Figura 5 - Junção das colunas de destilação.



Durante a inspeção realizada no destilador foram constadas folgas contidas nas janelas de inspeção. A Figura 6 apresenta a folga existente em uma das janelas de inspeção do destilador.

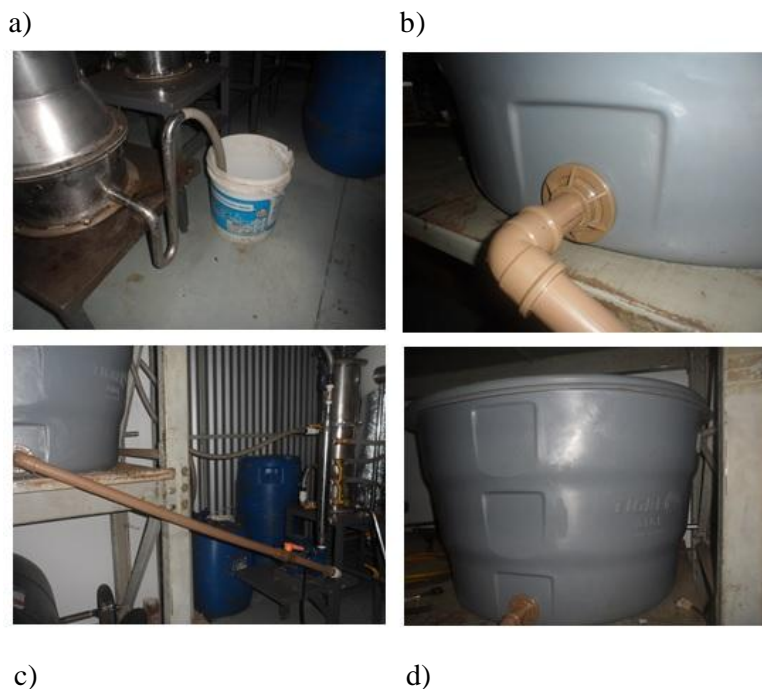
Figura 6 – Folga existente na janela de inspeção



### 3.1.2 Aquisição dos materiais

Tendo a lista de materiais necessários foi iniciada a aquisição. O primeiro passo foi o levantamento dos materiais já contidos na FAHOR e que poderiam ser utilizados no destilador. Foram encontrados uma caixa d'água que serviu de reservatório, tubulações, algumas conexões e alguns recipientes que serviram para a coleta do mosto pobre e abastecimento do destilador. A Figura 7 mostra alguns materiais que foram conseguidos na própria Fahor.

Figura 7 – Materiais adquiridos na Fahor



O restante do material precisou ser comprado e optou-se em adquirir no comercio local. Após passar por vários estabelecimentos comerciais foi reunido tudo que era necessário para fazer as instalações no destilador e deixa-lo em condições de ser operacionalizado.

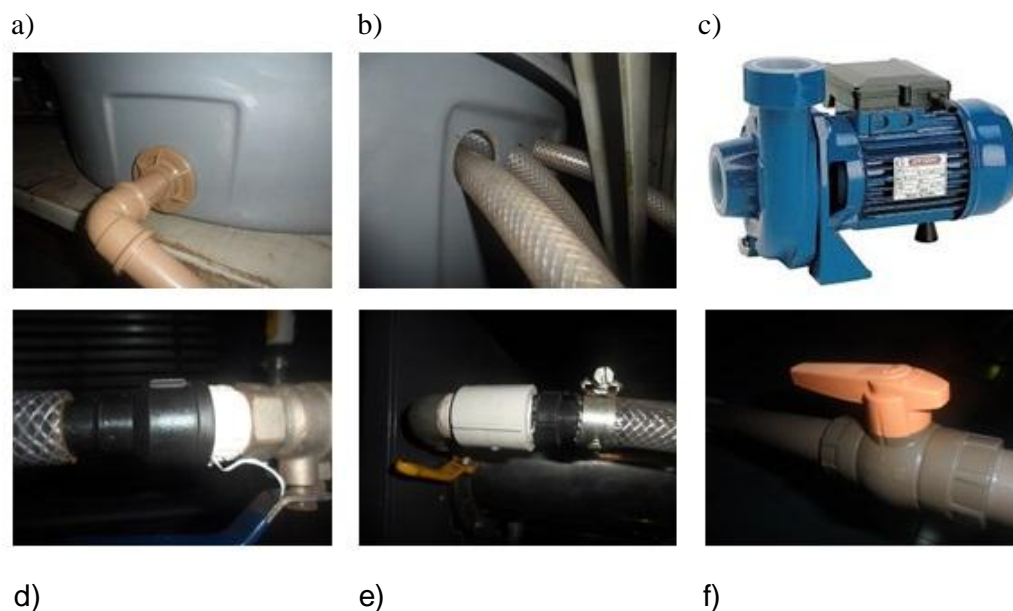
### 3.1.3 Instalações

As instalações tiveram inicio com a aplicação do silicone de alta temperatura no entorno dos anéis de vedação das janelas de inspeções, pois, o mesmo necessitou de um tempo de cura antes que a janela pudesse ser fechada.

A segunda etapa de instalações foi a adequação do sistema hidráulico do equipamento. A caixa d'água foi disposta em uma prateleira localizada ao lado do destilador para que a bomba pudesse trabalhar afogada, ou seja, abaixo do nível do reservatório. Foi necessário fazer algumas furações no reservatório para acoplar as tubulações de saída e retorno da água. Tendo as furacões concluídas, primeiro foi instalado a tubulação de alimentação da bomba, na qual foi instalado uma válvula globo, entre o reservatório e a bomba, para permitir o fechamento caso haja necessidade de manutenção. Também foram substituídas as conexões entre o

destilador e as mangueiras flexíveis que estavam danificadas. A figura 8 demonstra pontos relacionados com a instalação hidráulica.

Figura 8 – Instalação hidráulica



A terceira etapa de instalações foi referente a ligação elétrica da bomba, onde foi instalada uma extensão com um plugue para 220 V.

Instalação da fonte de calor: como fonte de calor foram utilizados um fogareiro com duas regulagens de chama, sendo possível ter 4, 8 ou 12 bicos ligados para gerar e fornecer calor. Como combustível foi utilizado GLP (Gás liquefeito de petróleo).

### 3.1.4 Pré-testes

A etapa dos pré-testes consistiu-se na elaboração e execução de alguns testes funcionais dos equipamentos separadamente, antes de realizar o teste funcional do destilador completo, com a produção de etanol.

Teste dos sensores: para realizar este teste foi alimentado o sistema de sensores com eletricidade (220 V), desmontado cada um dos três sensores e submetido cada um deles a uma fonte de calor, desta forma foi possível observar a resposta dos sensores ao estímulo e também identificar qual era seu valor

correspondente no display. Nenhum dos sensores apresentou problemas de funcionamento.

Teste do sistema hidráulico: para a realização deste teste o reservatório d'água foi abastecido com aproximadamente 200 litros de água, após a válvula globo foi passada para a posição aberta para que a bomba ficasse submersa, somente então a bomba foi ligada. Entretanto a bomba não funcionou, sendo necessário a desmontagem da mesma para limpeza dos óxidos que se formaram devido ao tempo que não era utilizada.

Com a bomba funcionando foram testados os sistemas de refrigeração das três torres de destilação e do condensador, os quais apresentaram diversos vazamentos em vários pontos que precisaram ser corrigidos.

Para deixar o destilador com o mínimo de vazamentos foi necessário mudar o sistema de conexão entre as mangueiras flexíveis e o destilador, pois o sistema contido era muito frágil gerando trincas quando eram apertadas, então optou-se por mudar de um sistema de rosca interna Figura 9 (b) para um sistema de rosca externa Figura 9 (a) com uma luva para fazer a ligação entre as duas partes.

Figura 9 – Conexão das mangueiras flexíveis.



a) Rosca Externa



b) Rosca interna

Na Figura 9 é possível verificar o sistema antigo os dois sistemas de conexão, rosca interna e rosca externa com luva. Na conexão com rosca interna é possível

visualizar uma fissura que ocorria ao apertar a conexão de forma que não permitisse vazamentos durante a operação.

### **3.1.5 Testes práticos**

Para a realização dos testes práticos foram adquiridos 220 litros de mosto, já preparados e prontos para serem destilados. Antes de iniciar a destilação foram verificadas as temperaturas dos três sensores, abastecido o reservatório com aproximadamente 10 litros de mosto, iniciado o aquecimento do mosto e conseqüentemente a destilação.

A temperatura inicial de todo o sistema era de 18,1 °C, medidos nos sensores de temperatura. Com a fonte de calor parcialmente acionada foram necessárias aproximadamente duas horas para chegar a temperatura de 85 °C no primeiro sensor.

Durante estas duas horas ocorreram alguns vazamentos, entre as junções dos tubos inox das colunas de destilação, foi possível estancar realizando o apertando dos parafusos que fazem a união destes tubos. Também ocorreu um pequeno vazamento na vedação realizada com o silicone de alta temperatura na janela de inspeção superior, o qual não foi possível reparar durante a operação do equipamento, entretanto pela avaliação realizada este vazamento não iria afetar ou prejudicar o andamento dos testes. Foi possível perceber que o líquido que saía pelo vazamento possuía o aroma característico de cachaça, isso comprovava o andamento de um processo de destilação.

Gradativamente a temperatura do primeiro sensor aumentava chegando a 96°C sendo necessário o controle da temperatura, a qual era realizada com a reposição de mosto no reservatório. Quando repostos três litros de mosto a temperatura ambiente visualizava-se uma redução da temperatura do mosto já contido no destilador de 17,4 °C. Durante uma hora e trinta e oito minutos foi sendo realizado controle de temperatura no primeiro sensor, entretanto a maior temperatura que o segundo sensor chegou foi de 54,8 °C.

Percebeu-se que a perda de calor para o ambiente era elevada e seria necessário instalar algum isolamento térmico para conseguir atingir a temperatura necessária no processo, na segunda coluna de destilação. Diante desta situação buscou-se uma manta de isolamento que foi instalada nas colunas de destilação e nos tubos de condução do vapor. Tendo tomado esta ação e realizado o isolamento



de todo o sistema foram necessários mais 20 minutos para chegar a 79,1 °C no segundo sensor no mesmo instante a terceira coluna estava a 32,5 °C, o processo havia sido normalizado e já era possível sentir um forte cheiro de álcool que saia pela bica do destilador.

Entretanto com o aumento da pressão interna o silicone de alta temperatura não resistiu e foi expelido para fora, gerando vazamentos consideráveis em duas janelas de inspeção conforme mostra a Figura 10. A partir deste momento foi possível visualizar uma queda constante da temperatura no sensor da segunda coluna, que estabilizou em torno de 56 °C. Foram realizadas algumas tentativas para elevar a temperatura novamente, entretanto os vazamentos permitiam a fuga de vapor, o que inviabilizou o processo de produção etanol.

Figura 10 – Vazamentos nas janelas de inspeção

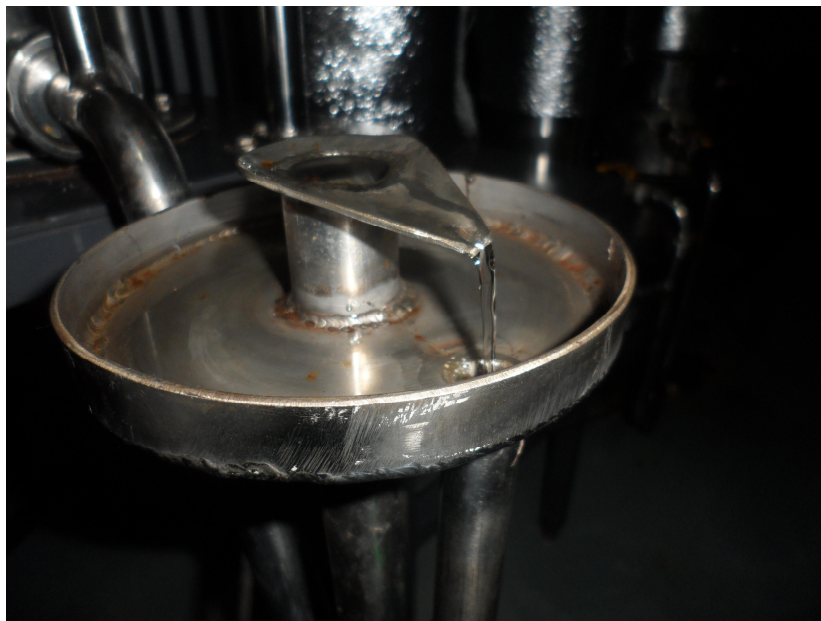


Não havendo mais a possibilidade de obter etanol, em função dos vazamentos optou-se em alterar a função do destilador, passando-o para a função cachaça. Para realizar esta troca foram abertas duas válvulas e fechadas outras duas. Com isso as duas colunas de destilação intermediárias são isoladas do processo, fazendo com que o vapor saia da primeira coluna diretamente para o condensador.



Ao ser alterado o destilador da função álcool para a função cachaça foi necessário ligar a bomba havendo assim a circulação de água pelo condensador, facilitando a troca de calor, fazendo com que o vapor passe para a forma líquida sendo recolhido em outro recipiente. A Figura 11 mostra o produto destilado escoando pela bica.

Figura 11 – Produto final escoando na bica



No dia posterior a realização dos testes práticos, quando o equipamento estava a temperatura ambiente foi realizada a abertura da tubulação localizada na parte inferior da terceira coluna de destilação. Isto ocorreu com o intuito de recolher o álcool que estava depositado no fundo desta coluna. Foi colocado um recipiente em baixo a coluna e aberta a tubulação, com isso, foi obtido aproximadamente 1 litro de álcool.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante os testes práticos, bem como as dificuldades encontradas e as sugestões para trabalhos futuros.

### 4.1 RESULTADOS OBTIDOS NOS TESTES PRÁTICOS

Os testes práticos foram fundamentais para o entendimento do funcionamento do destilador e o resultado obtido da destilação demonstra que é possível usar o equipamento destilador para produção de álcool, mas para isso, mais algumas melhorias precisam ser realizadas, a fim de obter o produto na quarta torre e com nível alcoólico mais próximo a 96%, sendo este o maior teor alcoólico que se pode obter neste tipo de equipamento.

A operação do destilador em todas as suas etapas serviu como referência para criação do manual de operação do equipamento de destilação da FAHOR, além de possibilitar a identificação de pontos que ainda requerem ajustes para obtenção de um produto o mais próximo possível dos 96%.

Foram identificados dois pontos principais que precisam ser melhorados para que haja um melhor funcionamento do destilador: vedação das janelas de inspeção e o isolamento térmico em todo o sistema.

Antes de colocar o destilador em operação foi realizada uma inspeção completa, onde foram testados todos os sistemas. Nesta etapa foi identificada a falta de vedação nas janelas de inspeção. Para realizar a vedação foi utilizado silicone de alta temperatura, sendo aplicada uma camada em torno de toda a borda da janela, aguardado a secagem do mesmo e ao fechar a janela expansão do silicone eliminou a abertura existente. Esta vedação funcionou, resistindo ao calor e não permitindo o vazamento durante as primeiras horas de operação, mas ao aumentar a pressão interna o silicone foi expelido para fora e ocasionou um grande vazamento. O que no momento da destilação não foi mais possível contê-lo. Em algum próximo experimento pode-se utilizar anéis de borracha, similares aos que são contidos entre os tubos das colunas de destilação.

A outra melhoria refere-se à perda de calor, a qual foi percebida durante a operação. Ao decorrer algumas horas de trabalho foi verificado que a temperatura

do sistema havia se estabilizado, então se utilizou de uma manta isolante que foi aplicada em torno das colunas de destilação e dos tubos de condução do vapor. Diante desta ação e sem fornecer mais calor para o sistema a temperatura começou a elevar novamente.

A melhoria no isolamento das torres e nos tubos de condução de vapor não foi suficiente para que a temperatura alcançasse 75° C na quarta torre para que o álcool fosse obtido, motivo este também relacionado ao vazamento de vapor nas janelas de inspeção. Então se optou por alterar o destilador para a função cachaça, que decorridos aproximadamente trinta minutos foram obtidos 5 litros de cachaça. No dia seguinte, após resfriamento do equipamento foi possível à abertura da tubulação inferior da terceira torre e retirar aproximadamente 1 litro álcool.

Deste modo é possível afirmar que o equipamento destilador da FAHOR é operável, cachaça e álcool podem ser obtidos, embora alguns ajustes sejam necessários a fim de conseguir cachaça e álcool com o teor alcoólico que se deseja. E a partir deste trabalho haverá um manual de operação do mesmo o que auxiliará o manuseio do destilador.

#### 4.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Inicialmente deparou-se com falta de literatura impressa atualizada, pois os livros disponíveis são antigos e em muitas vezes continham informações desatualizadas e com tecnologias obsoletas. A maioria dos livros publicados é da década de 70 e 80, anos que a produção álcool teve maior visibilidade, devido à crise do petróleo e o PROALCOOL.

Para a realização dos testes práticos foi necessário conseguir mosto, possibilitando assim obter resultados mais realistas. Para adquirir o mosto foi necessário buscar possíveis fornecedores, pois, não foi foco do trabalho fazer a parte química do processo. Para obter o mosto foi contatada uma agroindústria da cidade de Crissiumal, encomendado o produto e no dia dos testes foi necessário o deslocamento para buscá-lo.

Outras dificuldades encontradas para a execução do trabalho estão relacionadas a operação do destilador, mais precisamente, aos vazamentos contidos nas janelas de inspeção e a perda de calor nas colunas de destilação e nos tubos de condução do vapor.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um cenário mundial onde o desenvolvimento está diretamente atrelado a fontes de energia e de um contexto no qual cada vez mais se torna necessário à busca por fontes que possam contribuir com este desenvolvimento, especialmente se falando de fontes renováveis, a produção de álcool de fontes renováveis deve ser estimulada através de pesquisas por tecnologias, matérias-primas mais rentáveis bem como mais incentivo ao produtor rural e as indústrias de transformação.

O presente trabalho de conclusão de curso objetivou a operacionalização de um destilador existente na FAHOR, em anexo as informações sobre seu funcionamento através de um manual de operação, para que este possa ser utilizado como fonte de pesquisa e estimule a outros acadêmicos a desenvolver trabalhos relacionados com o desenvolvimento de energias renováveis.

O estudo foi apoiado por pesquisa bibliográfica, por entrevistas não estruturadas com pessoas que possuem conhecimento sobre a produção de álcool e equipamentos de destilação e pelo teste prático, além do conhecimento acadêmico adquirido durante o curso.

Para o teste prático foi usado o mosto proveniente da cana-de açúcar, entretanto o álcool pode ser obtido de várias outras fontes, o que se torna uma vantagem, pois dependendo da região pode-se optar pela matéria prima mais viável e assim produzir energia próxima ao ponto de consumo e de maneira renovável.

A execução desta atividade prática permitiu acompanhar funcionamento do destilador, assim como registrar e documentar todo o processo produtivo como: acionar a fonte de calor, colocar o mosto no destilador, verificar as temperaturas nas torres, a quantidade de resíduos, o produto sendo destilado e passando pelas torres e os produtos obtidos na terceira torre como álcool e na quarta torre a cachaça.

Os testes práticos comprovaram que é possível obter álcool utilizando o destilador, embora sejam necessários alguns ajustes no equipamento como melhoria da vedação das janelas de inspeção e isolamento térmico, os quais foram recomendados como oportunidades para futuros trabalhos.

Enfim, considerando o teste prático e o resultado da destilação, é possível afirmar que os objetivos do trabalho foram alcançados, devido o equipamento destilador estar ajustado e preparado para ser operacionalizado e o manual de

operação do destilador estar criado a partir do manuseio e testes práticos do equipamento e disponível para pesquisas e futura operacionalização do destilador.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A realização deste trabalho proporcionou ao acadêmico a satisfação de deixar um manual de operação do destilador, o equipamento instalado e em funcionamento e uma referência para pesquisas e futuros trabalhos.

Entretanto, em função do tempo e recursos disponíveis, algumas atividades foram identificadas, mas não foram realizadas, gerando assim oportunidades para trabalhos futuros.

Sugestões como o cálculo da perda térmica e ao tipo de isolamento mais adequado para a aplicação no equipamento. Como também material para vedação das janelas de inspeção, que necessitam de um material adequado, pois ao realizar a vedação com silicone de alta temperatura não se obteve um resultado satisfatório, então a necessidade de encontrar um material mais resistente.

Quanto a produção de álcool:

- Tipo de mosto a ser destilado;
- Temperaturas mas adequadas;
- Análise do produto obtido (teor alcoólico);
- Fonte de calor;
- Produção de álcool a partir do outras matérias primas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES RAFAEL. **Você já ouviu falar no Etanol de trigo?** Publicado em 25.07.2010. Disponível em: <<http://hypescience.com/voce-ja-ouviu-falar-no-etanol-de-trigo/>>. Acesso em 11.set.2014

ARIAS, M. S.; REVILLA, J. L. G.; CARRECEDO, G. B.; GARLOBO, C. M. S. Álcool. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA TECNOLÓGICA-ABIPTI. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melão, outros derivados, resíduos, energia Brasília.** Brasília-DF Cap. 4.1 p 229-243. 1999.

BORTOLUSSI, R. João. **Produção de etanol de milho é realidade.** SIFAEG. Goiás, 2014.

CARVALHO, C. Leidiane; BUENO, C. O. F. Regiane; CARVALHO, M. Marina; FAVORETO, L. Ana; GODOY, F. Ana. **Cana-de-açúcar e Álcool Combustível: Histórico, Sustentabilidade e Segurança Energética.** São Paulo, 2013

CHIEPPE Júnior. B. João. **Tecnologia e fabricação do álcool.** Inhumas: IFG; Santa Maria, 2012

CRISPIM, E. Jack; CONTESSI, Z. Arnaldo; VIEIRA, A. Simião. **Produção de Energia Apartir da Biomassa.** Santa Catarina, 2007.

ESQUADRÃO DO CONHECIMENTO – disponível em - <http://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/etanol/> acesso em 05/06/2014.

GLOBO RURAL. **Beterraba branca é usada para produção de açúcar e etanol.** Publicado em 22/05/2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2011/05/beterraba-branca-e-um-dos-produtos-agricolas-mais-importantes-da-europa.html>>. Acesso em 11.set.2014

GLOBO RURAL. **Etanol de trigo está em alta na França.** 2007. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1540108-1935,00.html>> Acesso em 10.set.2014

IBGE, **Estatística da Produção Agrícola.** Brasília, mar.2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr\\_201303.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201303.pdf)>. Acesso em: 25.mai.2014

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2001.

MAFRA, M. A. Analu; PINHEIRO, Juliana; BRYSS, Miguel - **Produção de Álcool Combustível.** 2009. Engenharia Bioquímica – EQA - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

MAYER, D. Flávio. **Desenvolvimento da Tecnologia de Destilação Apropriada À Produção de Álcool Combustível em Pequena Escala**. Dissertação de Mestrado. Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2010.

MENEGUETTI, C. C. de.; MEZAROBA, S. de.; GROFF, A. M. **Processos de produção do álcool etílico de cana-de-açúcar e os possíveis reaproveitamentos dos resíduos resultantes do sistema**. IV Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. FECILCAM. Campo Mourão, nov. 2010.

MENEZES, T. J. B. de. **Etanol, o combustível do Brasil**. São Paulo, agrônômica Ceres, 233 p. 1980.

PÊGAS R. Rosana; MANOLESCU, M. K. Friedhilde. **Produção De Cana-De-Açúcar**. Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IP&D. São Paulo, 2004.

PENIDO Filho Paulo – **O álcool combustível** – Livraria Nobel – São Paulo – 1980.

PROÁLCOOL - Disponível em: <http://cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1A/proalcool.html>. Acesso em 11.set.2014

SEaD/UFSCar. **Fluxograma do processo de produção de álcool direto da cana-de-açúcar**. 2011

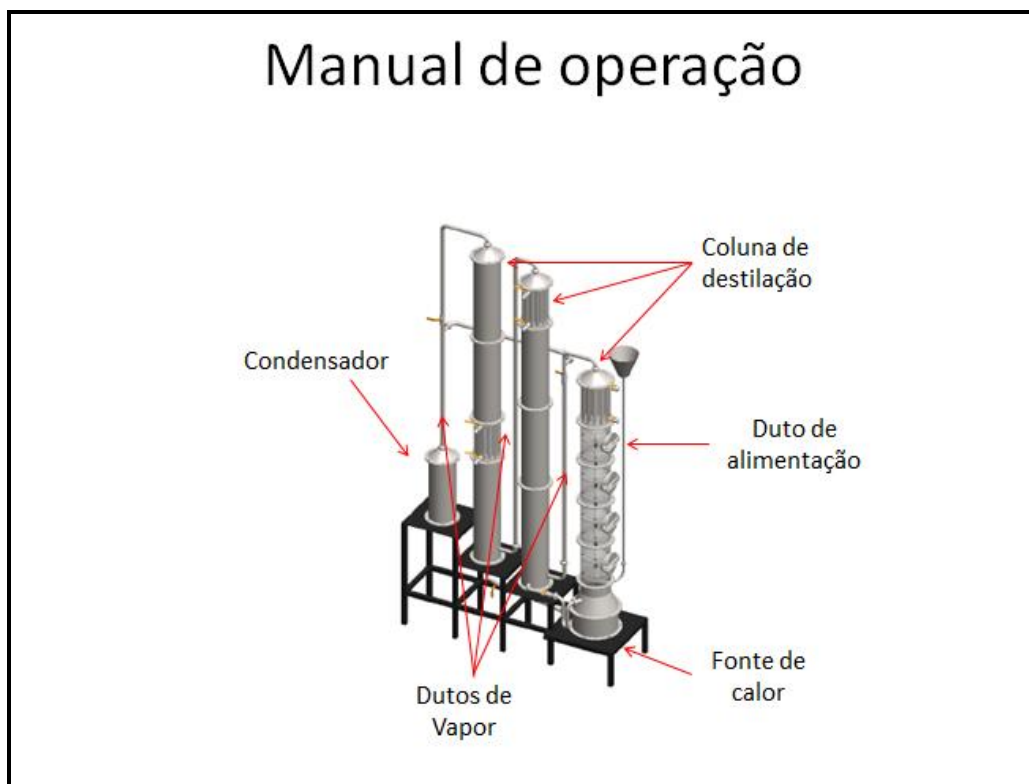
STEFANO FABIANE. **Etanol de beterraba no Brasil**. Exame.com Publicado em: 23.09.2009.

VEIGA, P. S. João. **Aproveitamento de resíduos de campo da cultura da mandioca (Manihot Esculenta CRANTZ) para cogeração de energia no processo de produção de etanol de mandioca**. Campinas, nov. 2012.

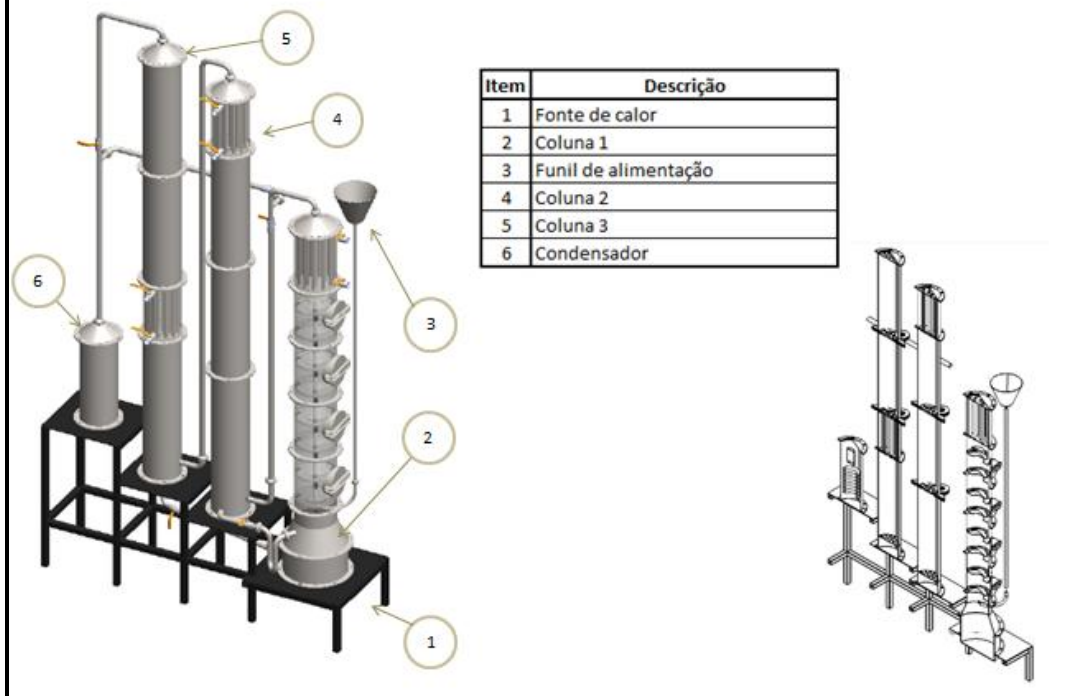
WEINGRILL NINA. **Quais as diferenças entre o álcool de cana e o de milho?** Revista Super Interessante. Ed. 238, Abril 2007.



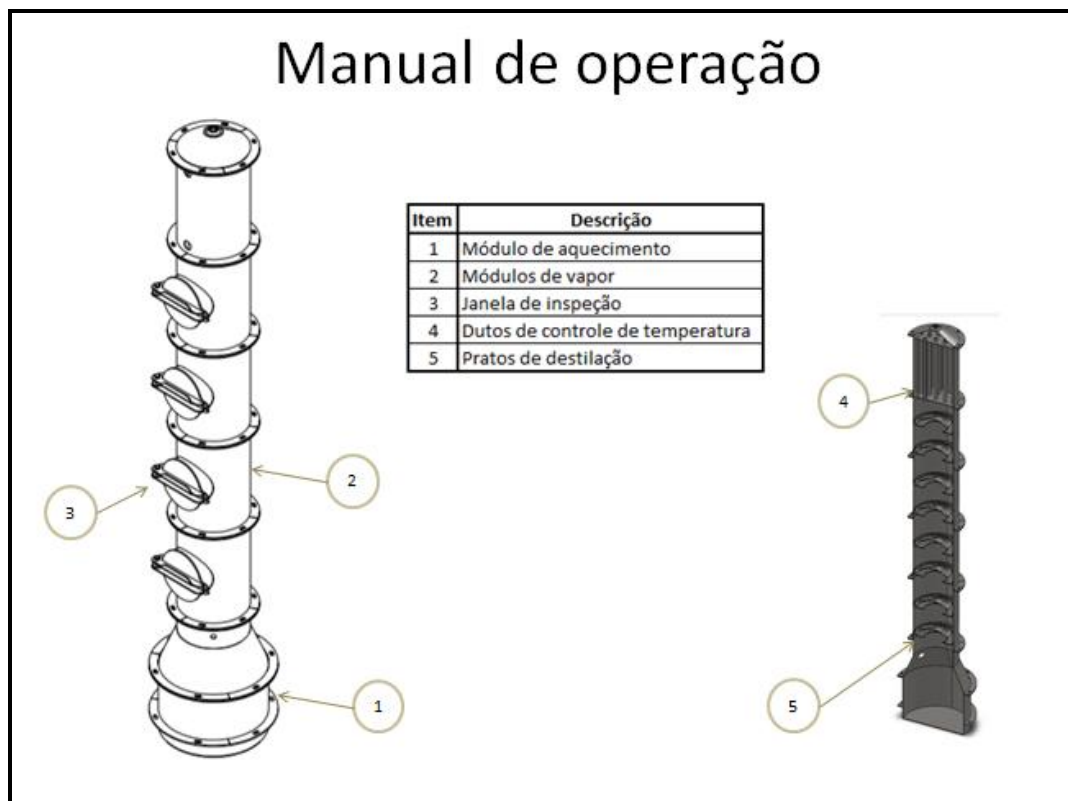
## ANEXO A – MANUAL DE OPERAÇÃO



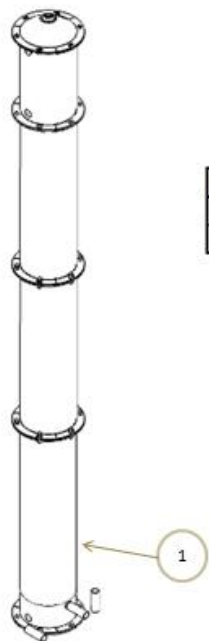
## Manual de operação



## Manual de operação



## Manual de operação



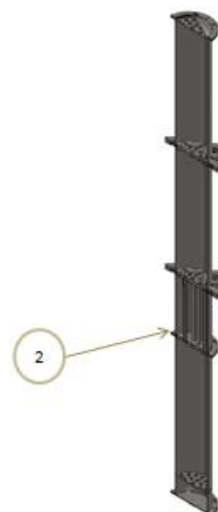
Item	Descrição
1	Módulos de vapor
2	Dutos de controle de temperatura



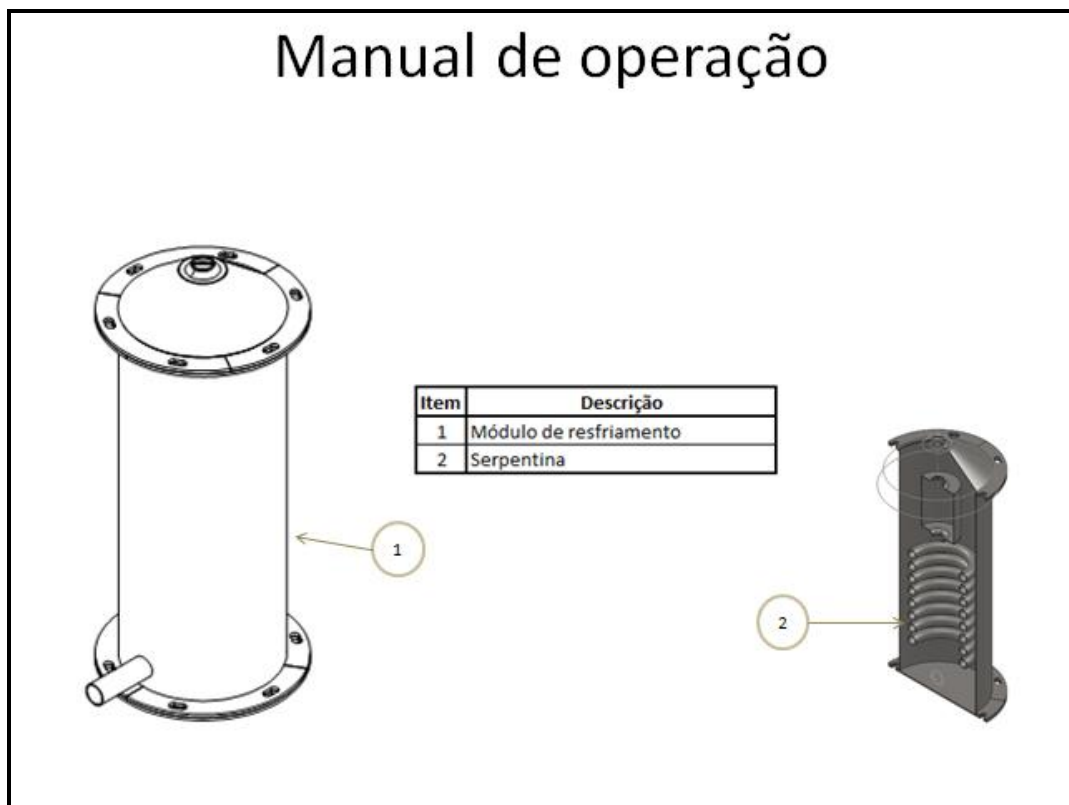
## Manual de operação



Item	Descrição
1	Módulos de vapor
2	Dutos de controle de temperatura

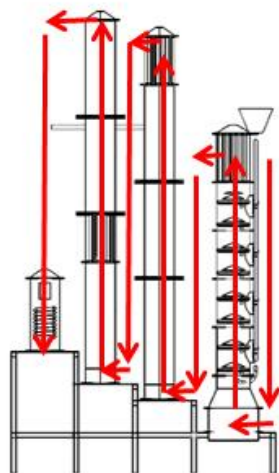


## Manual de operação



## Manual de operação

- Fluxo do vapor - função álcool

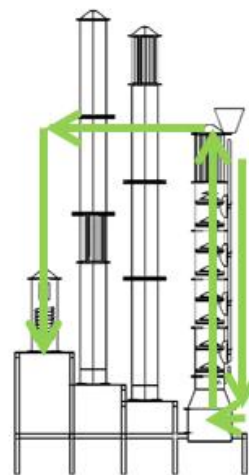


Para passar da função álcool para a função cachaça:

Abrir válvulas 1 e 2  
Fechar válvulas 3 e 4

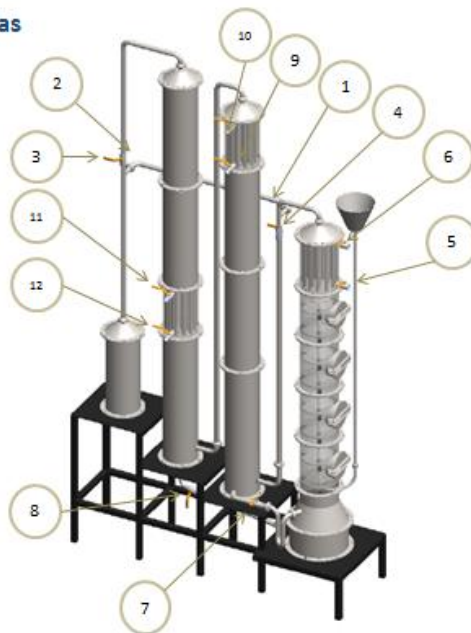
Desta forma serão isoladas as duas colunas centrais

- Fluxo do vapor - função cachaça



# Manual de operação

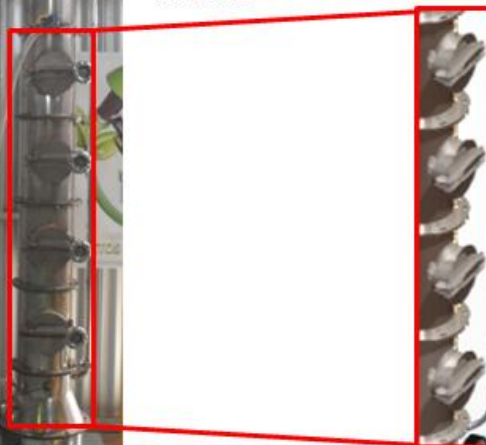
## - Localização das válvulas



## Segurança

### Janelas de Inspeção

Antes de iniciar a operação verificar se as janelas de inspeção estão fechadas e bem vedadas.







## Segurança

### Conexão da Tubulação

Verificar se todas as conexões estão bem fechadas e vedadas com os anéis de vedação do tipo O'rings



## Segurança

### Conexão da Tubulação

Antes de iniciar a operação verificar se todos os parafusos das junções estão apertados





## Segurança

### Fonte de calor

Tomar todas as precauções necessárias de acordo com a fonte de calor que será utilizada para colocar o equipamento em funcionamento.




## Segurança

### Fonte de Energia

O sensores e a bomba da água devem ser ligados em 220 v.

Como a ligação elétrica da bomba da água fica localizada abaixo da tubulação de água, deve-se ter cuidado com vazamentos, pois os mesmos podem causar acidentes.

Ao perceber algum vazamento sobre a fiação cortar a alimentação de energia elétrica imediatamente.



## Controle de Temperatura

### Sensores

Os sensores de temperatura servem para que seja possível verificar a temperatura em três pontos essenciais para o bom funcionamento do destilador.

Para navegar entre os sensores de temperatura basta usar as setas contidas no display.

○ Display  
□ Sensores



## Controle de Temperatura

### Válvulas

Para controlar a temperatura das torres de destilação abre-se as válvulas correspondente a torre que se deseja realizar o controle de temperatura.

□ válvulas







## Operação

### Local de abastecimento

O abastecimento do produto a ser destilado deve ser realizado pela parte superior, em um funil que fica ao lado da primeira janela de inspeção.



## Operação

### Recolhimento do resíduo

Na parte que fica localizada atrás do destilador, há uma tubulação na qual deve ser colocada um recipiente para o recolhimento do resíduo do produto já destilado.

As válvulas que ficam localizadas em baixo das colunas centrais devem ser abertas para que o resíduo destas colunas também seja descartado.

Cuidado – o líquido que sai nesta tubulação é quente, devendo ser manuseado com cuidado.





## Operação

### Produto final

Depois de passar pelo destilador o produto final irá sair em forma líquida na bica, sendo necessário dispor de um recipiente para coletá-lo.



## Operação

### Troca de Função

Para passar da função álcool para a função cachaça basta fechar duas válvulas e abrir outras duas.

Ao trocar de função durante o funcionamento deve-se primeiro abrir as duas válvulas que estão fechadas e depois fechar as duas válvulas que estão abertas, evitando o aumento de pressão no sistema.



# Resfriamento

## Orientações gerais

Depósito de água – o depósito deve estar abastecido com no mínimo 100 litros de água.

Bomba – a bomba precisa ser ligada somente quando o produto que está sendo destilado chegar ao condensador.

Obs: ao ligar a bomba deve-se observar os seguintes pontos:



Aberta



Fechada

As demais válvulas dependem do produto que está sendo produzido.